

Moteurs de phase IV pour les tracteurs et chariots à moteur :

Réduction des émissions nocives avec un filtre à particules et un catalyseur

Dès 2015, la phase IV sera introduite pour les moteurs diesel. Le but est de réduire encore davantage les oxydes d'azote (NOx) et on parle déjà de la phase V prévoyant de limiter la quantité de particules. Pour y arriver, il faut un système de filtre à particules (DPS) certifié VERT et un catalyseur (SCR) pour le post-traitement des gaz d'échappement. De plus, le système de flexibilité s'appliquant à l'introduction de nouveaux moteurs qui ne répondent pas encore aux exigences devrait être adapté.

Les véhicules agricoles sont également soumis à la législation sur les gaz d'échappement et la réduction des émissions nocives fait sans cesse des progrès.

Evolution des prescriptions sur les gaz d'échappement

Au début des années 70, les premières prescriptions sur les gaz d'échappement ont été introduites en Suisse. En 1971, une première limitation partielle des émissions de gaz d'échappement entre en vigueur (émissions de fumée pour les moteurs à auto-allumage). Elle a été complétée en 1974, avec les premières valeurs limites pour le cycle d'expertise de la phase entière. Afin de réaliser les objectifs en matière d'hygiène de l'air en Suisse, une législation nationale pour ce domaine a été élaborée à partir de 1982. Celle-ci se basait sur des procédés de mesure existants mais a fixé des limitations plus sévères que dans la plupart des autres pays européens. A partir de 1995, la Suisse a commencé à harmoniser ses normes avec celles de l'Union européenne en remplaçant les prescriptions nationales par les directives de l'UE et en reprenant les données pour l'entrée en vigueur. Au même moment, le « test antipollution » obligatoire et décentralisé a été introduit pour les véhicules avec moteurs à auto-allumage. Il doit être effectué tous les deux ans pour les véhicules roulant à plus de 30 km/h et tous les quatre ans pour les véhicules limités à 30 km/h (OCR 59a). Les chariots de travail agricoles sont exclus du test antipollution obligatoire. Pour l'heure, une dérogation sous forme de

justificatif OBD (On Board Diagnostics) n'est pas prévue pour les tracteurs et chariots à moteur. Les prescriptions sur la teneur maximale en soufre dans le carburant diesel ont été continuellement renforcées depuis les années 70 et, depuis le 01.01.2009, la limite se situe à 10 mg/kg.

Règlements dérogatoires

Actuellement, seuls les véhicules neufs mis en circulation après l'entrée en vigueur de la législation plus sévère sont concernés par un renforcement des prescriptions sur les gaz d'échappement. Contrairement à d'autres domaines, les véhicules déjà admis ne doivent pas être adaptés aux nouvelles prescriptions. En outre, les moteurs sont répartis dans cinq classes de puissance (19 à 37 kW, 37 à 56 kW, 56 à 75 kW, 75 à 130 kW et 130 à 560 kW) et les dates d'entrée en vigueur des phases I à IV diffèrent. Les moteurs d'une puissance de moins de 19 kW ou de plus de 560 kW sont exclus, de même que ceux des véhicules limités à moins de 6 km/h de par leur construction.

Mesures pour les moteurs diesel

Depuis le début de la phase I en 1996, la pollution causée par les moteurs diesel a été adressée de manière directe, d'abord aux Etats-Unis, puis en Europe, et fixée avec le règlement ECR/96. Ce règlement a été suivi par la directive 2000/25/CE, qui a donné lieu à de nombreuses versions remaniées et qui constitue encore la base pour les moteurs de tracteurs agricoles ou forestiers. L'objectif principal est de réduire les particules de diesel (PM) et d'oxydes





Motoren der Stufe IV von Traktoren und Motorkarren:

Reduktion der Schadstoffe mittels Partikelfilter und Katalysator

Per 2015 wird für Dieselmotoren die Stufe IV eingeführt. Ziel ist eine weitere Reduktion der Stickoxide (NO_x) und für die Zukunft wird schon die Stufe V diskutiert mit einem Partikel-Anzahl-Grenzwert. Um dieses zu erreichen, braucht es zwangsläufig ein VERT geprüftes Partikelfiltersystem (DPS) und einen Katalysator (SCR) für die Abgasnachbehandlung. Zudem soll das Flexibilitätssystem bei der Zulassung von Motoren, welche die neuen Anforderungen noch nicht erfüllen, angepasst werden.

Auch landwirtschaftliche Fahrzeuge unterliegen der Abgasgesetzgebung, und die Reduktion von Schadstoffen macht laufend Fortschritte.

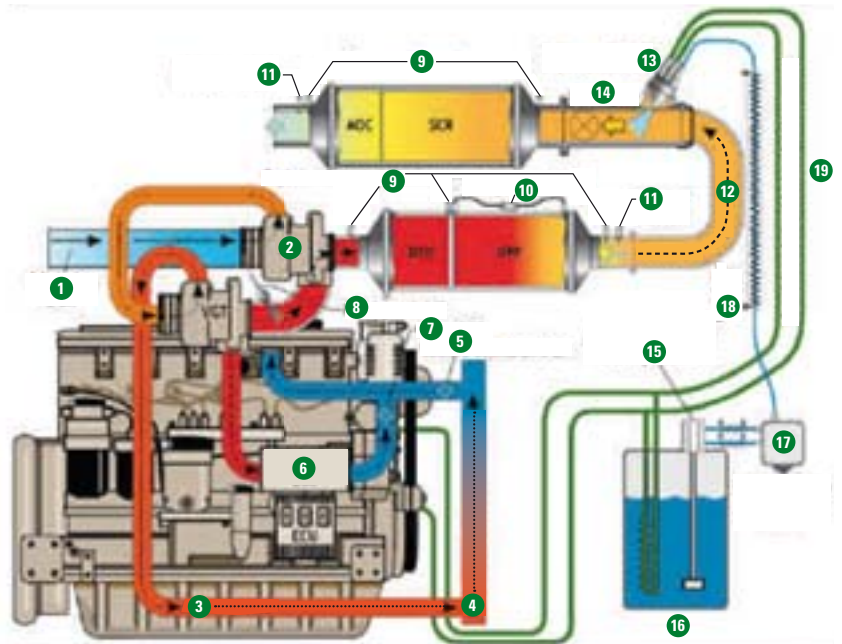
Entwicklung der Abgasvorschriften

Zu Beginn der 1970er-Jahre wurden in der Schweiz die ersten Abgasvorschriften eingeführt. 1971 trat

eine erste teilweise Begrenzung der Abgasemissionen in Kraft (Rauchemissionen für Selbstzündungsmotoren), welche 1974 durch die ersten Grenzwerte für einen vollständigen Typenprüfzyklus ergänzt wurde. Um die lufthygienischen Ziele in der Schweiz zu realisieren, erarbeitete die Schweiz ab 1982 ihre eigene

Gesetzgebung in diesem Bereich auf bereits bestehende Messverfahren, legte jedoch strengere Grenzwerte fest als die meisten anderen europäischen Länder. Ab 1995 begann die Schweiz, ihre Normen mit denjenigen der Europäischen Union in Einklang zu bringen, indem sie die nationalen Vorschriften durch die ent-

- 1 Frischluft / Admission d'air
- 2 Turbolader / Chargeur turbo
- 3 Komprimierte Frischluft vom Turbolader / Air compressé
- 4 Luft-Luft-Wechsler / Echangeur air-air
- 5 Ansaugdrosselventil / Vanne d'admission d'air
- 6 ERG-Kühler / Refroidisseur EGR
- 7 ERG-Ventil / Vanne EGR
- 8 Dosierungsinjektor / Post-injecteur HC
- 9 Temperatursensoren / Capteurs de température
- 10 ΔP -Sensor / ΔP -Sensor
- 11 NOx-Sensor / Capteur de NOx
- 12 Abgase / Echappement
- 13 DEF-Injektor / Injecteur de DEF
- 14 Mischler / Mélangeur
- 15 Kopfbaugruppe mit Füllstand- und Temperatursensor / Equipement avec capteur de niveau et de température
- 16 DEF-Tank / Réservoir DEF
- 17 DEF-Versorgungsmodul und -Filter / Filtre et module d'alimentation en DEF
- 18 DEF-Leitung / Conduite de DEF
- 19 Motorkühlmittel-Leitungen / Conduites de liquides de refroidissement



d'azote (NOx). Nous avons à présent atteint la phase IIIb, qui précède de peu l'introduction de la phase IV prévue en 2015. D'autres véhicules ont dû appliquer des mesures bien plus strictes et spécifiques pendant le même laps de temps. Depuis le 01.01.2009, l'OFEV a prescrit un système de filtre à particules certifié VERT pour les machines et appareils mobiles de la branche des machines de chantier disposant d'un moteur à auto-allumage de 18 kW au minimum.

Optimisation de la combustion du carburant

Avec la phase I et plus tard avec la phase II, on a surtout abaissé les limites de masse des particules (PM). Dans le moteur, cela passe par une optimisation de la combustion du carburant, l'installation de turbocompresseurs, le refroidissement de l'air de suralimentation, une injection de carburant et une commande du moteur plus précises, ou par un filtre à particules. Pour la phase IIIa, la limite pour les émissions d'oxydes d'azote a été abaissée. Cela a nécessité une injection de carburant à haute pression, une commande électronique du moteur et une recirculation des gaz d'échappement (RGE). La phase IIIb a réduit les poussières fines et les oxydes d'azote et deux systèmes (DPS ou SCR) de fabricants de moteurs ont été employés. L'un des systèmes mise sur une RGE avec un système de

filtres à particules DPS et l'autre sur un catalyseur à injection AdBlue (SCR).

Flexibilité et demande d'autorisation

Un système de flexibilité peut encore être appliqué aux moteurs mobiles des machines et appareils, ainsi qu'aux tracteurs et chariots à moteur. Ce système prévoit de mettre en circulation ultérieurement un nombre limité de véhicules qui possèdent des moteurs ne répondant pas encore aux nouvelles exigences. Le recours au système de flexibilité présuppose une autorisation de la part de l'autorité d'approbation compétente dans l'UE (détails dans l'annexe XIII de la directive 97/68/CE ou annexe de la directive 2011/88/EU). Ces autorisations sont également valables en Suisse, mais il n'est pas prévu que la Suisse établisse des autorisations similaires de son côté.

Phase IV : optimisation supplémentaire

Pour la phase IV à venir, une autre réduction des oxydes d'azote NOx est prévue. Le système SCR remplit les exigences grâce à une optimisation supplémentaire de la combustion combinée à un post-traitement. Pour les systèmes avec RGE et DPF, il faut installer un catalyseur SCR. Les prescriptions sur les émissions des phases IIIb et IV entre 2011 et 2015, réparties sur deux étapes, ont engendré une importante réduction de presque 90 % des NOx et PM.

D'après le rapport de l'OFEV, l'UE prévoit de réviser la directive correspondante 97/68/CE pour établir une nouvelle catégorie d'émission V qui s'alignera sur la norme EURO VI pour les véhicules utilitaires lourds. Pour les moteurs à auto-allumage, la limitation se portera sur la quantité et non sur la masse de particules. Par conséquent, un filtre à particules certifié VERT sera inévitable. De plus, les réglementations de flexibilité seront modifiées.

Le post-traitement des gaz d'échappement crée une pression variable dans la chambre de combustion qui doit être équilibrée avec des turbocompresseurs variables à commande (parfois plusieurs turbocompresseurs en série) pour qu'à chaque charge et régime un mélange idéal se forme. De plus, les systèmes de post-traitement des gaz d'échappement et leur surveillance et guidance ne pourront réellement être efficaces qu'à travers l'implication de la construction et de la commande des moteurs.

Installation de filtres à particules diesel

L'utilisation de véhicules dans l'agriculture et la sylviculture est marquée par des conditions de travail difficiles et des travaux changeants avec une charge du moteur faible ou élevée. Ces aspects rendent l'emploi de systèmes de filtres difficile et imposent des exigences particulières pour la construction et la robustesse des filtres. Le pro-

sprechenden EU-Richtlinien ersetzt und die Daten für die Inkraftsetzung übernahm. Gleichzeitig wurde für Fahrzeuge mit Selbstzündungsmotoren die obligatorische, dezentralisierte «Abgaswartung» eingeführt, welche für Fahrzeuge über 30 km/h alle zwei Jahre und für Fahrzeuge bis 30 km/h alle vier Jahre durchgeführt werden muss (VRV 59a). Landwirtschaftliche Arbeitskarren sind von der obligatorischen Abgaswartung ausgenommen. Für Traktoren und Motorkarren ist zurzeit keine Befreiung, also ein Nachweis über das OBD (On Board Diagnostik) vorgesehen. Auch die Vorschriften für den Maximalgehalt an Schwefel im Dieselöl ist seit Beginn der 1970er-Jahre wiederholt verschärft worden und seit dem 1.1.2009 auf maximal 10 mg/kg begrenzt.

Ausnahmeregelungen

Von einer Verschärfung der Abgasvorschriften sind bis heute jedoch nur Neufahrzeuge betroffen, deren Inverkehrsetzung nach dem Inkrafttreten der strengeren Vorschrift erfolgt. Im Gegensatz zu anderen Bereichen müssen bereits zugelassene Fahrzeuge den neuen Vorschriften nicht angepasst werden. Zudem sind die Motoren in fünf Leistungsklassen eingeteilt (19 - 37 kW, 37 – 56 kW, 56 – 75 kW, 75 – 130 kW und 130 – 560 kW) und das Datum der Inkraftsetzung

der Stufe I – IV ist unterschiedlich. Motoren mit einer Leistung unter 19 kW oder über 560 kW sind ausgenommen, so wie solche von Fahrzeugen mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von weniger als 6 km/h.

Massnahmen bei Dieselmotoren

Seit 1996 mit Beginn der Stufe I wurde die Umweltbelastung durch Dieselmotoren gezielt angegangen und nach Amerika auch in Europa durch das Reglement ECR/96 gestartet. Auf das Reglement ECR/96 folgte die Richtlinie 2000/25/EG, welche durch verschiedene Fassungen immer wieder angepasst wurde und heute noch die Grundlage für den Antrieb von land- und forstwirtschaftlichen Zugmaschinen ist. Das Hauptaugenmerk gilt der Reduzierung von Dieselpartikeln (PM) und Stickoxiden (NOx). Unterdessen sind wir bei der Stufe IIIb angelangt, also kurz vor der Einführung der Stufe IV, welche auf das Jahr 2015 aktuell sein wird. Andere Fahrzeugarten haben in derselben Zeit bedeutend strengere und weiterführende Massnahmen umsetzen müssen. So hat das BAFU seit dem 1.1.2009 für die Baumaschinenbranche für mobile Maschinen und Geräte mit Selbstzündungsmotoren ab 18 kW, welche auf Baustellen eingesetzt werden, ein VERT geprüftes Partikelfiltersystem vorgeschrieben.

Aufgrund von Verunreinigungen des fossilen Brennstoffs entstehen bei dem Verbrennungsprozess von Diesel verschiedene giftige Substanzen. Dies sind vor allem:

1. CO Kohlenmonoxid
2. HC Kohlenwasserstoffe
3. NOx Stickstoffoxide
4. P.M. Feinstaub

CO ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas. Es ist bei hoher Konzentration sehr giftig und kann zum Erstickungstod führen. Bei Sauerstoffmangel entsteht infolge unvollständiger Verbrennung kohlenstoffhaltiger Kraftstoffe und beim Abbau organischen Materials Kohlenmonoxid (CO). Wenn CO eingeatmet wird, blockiert es die Sauerstoffaufnahme im Blut und führt, je nach Konzentration, zu Kopfschmerzen, Übelkeit oder sogar zum Tod. CO wird durch Oxidationsprozesse zu CO₂ umgewandelt.

HC entstehen bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Erdgas, Kohle, Erdöl und Holz und durch Verdunstung von Kraftstoff. Diesel besteht aus einem Gemisch von Kohlenwasserstoffen. Auch nach der Verbrennung bleibt HC im Abgas. Zusammen mit Stickoxid (NOx) und Sonneneinstrahlung verwandelt sich HC in schleimhautreizende organische Verbindungen um, die massgeblich am Entstehen von Sommersmog beteiligt sind. Manchen Kohlenwasserstoffverbindungen (Aromatische HC) werden krebserregende Eigenschaften nachgesagt, von anderen wiederum sind keine gesundheitsschädigende Eigenschaften bekannt. HC kann je nach Zusammensetzung geruchlos, bzw. süsslich riechend sein.

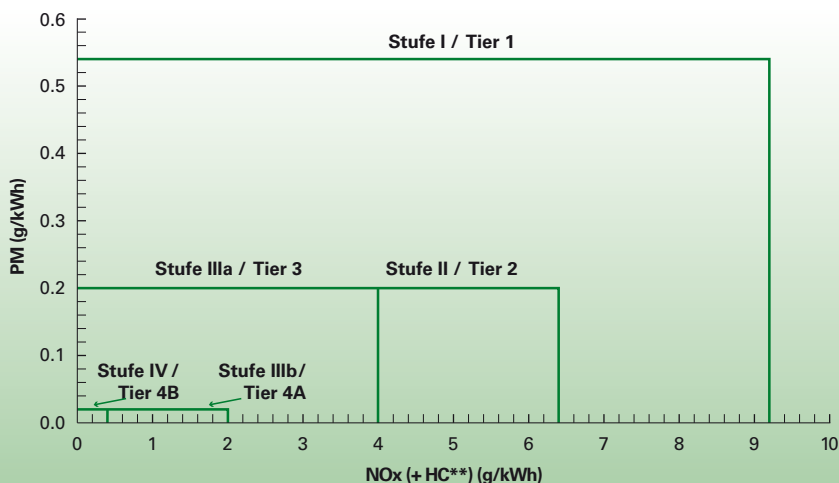
NOx ist die zusammengefasste Verbindung aus NO und N₂. Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) sind Bestandteile der Stickstoffoxide (NOx). Der enthaltene Stickstoff (N₂) in der Ansaugluft reagiert bei hohen Verbrennungstemperaturen mit dem Sauerstoff (O₂), dadurch entstehen die schädlichen Stickoxyde (NOx).

NO ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, das sich in der Umgebungsluft langsam zu Stickstoffdioxid NO₂ umwandelt. NO ist ein Blutgift, das zu Lähmungserscheinungen führen kann.

NO₂ ist ein rotbraunes Gas mit stechendem Geruch, das an der Ozonbildung beteiligt ist. Es kann in hohen Konzentrationen zur Reizung der Atemwege des Menschen führen. Ausserdem bildet sich aus NO₂ und Wasser Salpetersäure, eine der Verursacherin von «Saurem Regen».

P.M. Feinstaub ist mit blossem Auge unsichtbar; seine Partikel haben einen Durchmesser von weniger als zehn Mikrometer. Er kann natürlichen Ursprungs sein, wird aber auch in Industrie oder Privathaushalten freigesetzt. Beim Strassenverkehr entsteht Feinstaub durch Reifenabrieb, aufgewirbelten Staub und durch Abgase – vor allem aus ungefilterten Dieselfahrzeugen. Die Verbrennungsgüte ist davon abhängig, wie das Gemisch aus Luft und Kraftstoff gebildet wird. Ein Dieselmotor arbeitet prinzipiell immer mit der gleichen Luftmenge; die gewünschte Leistung wird durch die Menge des eingespritzten Kraftstoffs erzielt. Unter bestimmten Betriebsbedingungen des Motors (insbesondere beim Beschleunigen) kann das Gemisch in einigen Brennraumbereichen zu fett sein. Die Verbrennung bleibt dann unvollständig, weil nicht genügend Sauerstoff vorhanden ist. In diesem Fall kommt es zur Bildung von feinen Kohlenstoffpartikeln.

Feinstaub stellt ein ernstes Gesundheitsrisiko dar, weil er durch Nase und Mund leicht in den Körper gelangt und dort nicht gefiltert werden kann. Somit kann er sich in den Lungen ablagern und wenn sich die Grösse der Partikel im Nanobereich befindet, sogar durch die Lunge in den Blutkreislauf gelangen. Wenn Partikel wiederholt inhaliert (eingeatmet) werden, kann der Feinstaub von Dieselauspuffgasen Asthma und Allergien verschlimmern oder andere ernste Gesundheitsprobleme, einschliesslich Lungenkrebs, verursachen.



Die Reduktion von PM und NOx von der Stufe I zur kommenden Stufe IV
Réduction des PM et des NOx entre la phase I et la phase IV à venir

En raison des impuretés dans le carburant fossile, différentes substances toxiques se forment lors de la combustion.

En particulier :

1. **CO Monoxyde de carbone**
2. **HC Hydrocarbures**
3. **NOx Oxydes d'azote**
4. **P.M. Particules fines**

Le **CO** est un gaz incolore, inodore et insipide. Il est très toxique lorsqu'il est fortement concentré et peut causer la mort par asphyxie. En cas de manque d'oxygène, une combustion incomplète de carburants contenant du carbone et l'élimination de matières organique produisent du monoxyde de carbone (CO). Une fois inspiré, le CO bloque l'absorption d'oxygène dans le sang et, selon la concentration, mène à des maux de têtes, des nausées et même la mort. Des processus d'oxydation transforment le CO en CO₂.

Les **HC** sont créés lors de la combustion de combustibles fossiles tels que le gaz naturel, le charbon, le pétrole, le bois et lors de l'évaporation de carburants. Le diesel est composé d'un mélange d'hydrocarbures. Même après la combustion, les HC restent dans les émissions. L'oxyde d'azote et le rayonnement solaire transforment les HC en liaisons organiques irritantes pour les muqueuses et grandement responsables du smog d'été. Certaines liaisons d'hydrocarbures (HC aromatiques) sont réputées cancérigènes, alors que d'autres ne présentent pas de caractéristiques nocives pour la santé. Selon la composition, les HC peuvent être inodores ou avoir une odeur douceâtre.

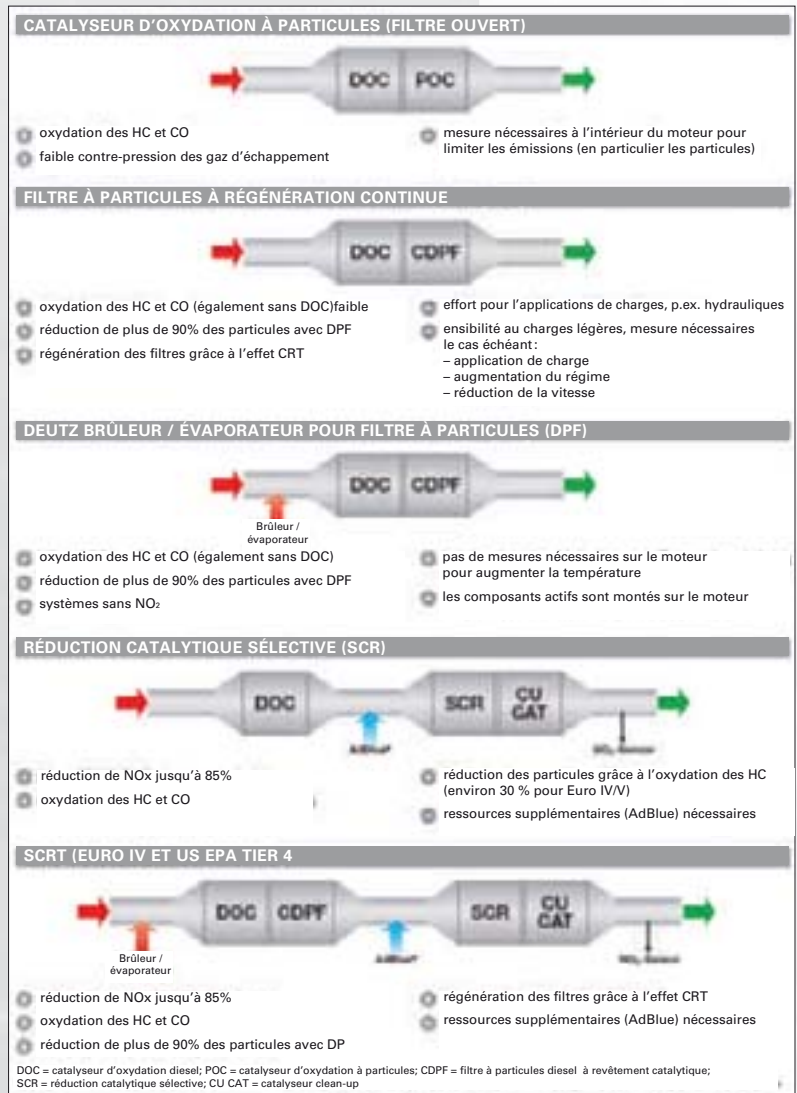
Le **NOx** est la liaison entre le NO et le N₂. Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) sont les composants de l'oxyde d'azote. L'azote (N₂) présent dans l'air d'admission réagit à des températures de combustion élevées avec l'oxygène (O₂) et produit des oxydes d'azote (NOx) toxiques.

Le **NO** est un gaz incolore, inodore et insipide qui se transforme lentement en dioxyde d'azote dans l'air environnant. Le NO est toxique dans le sang car il peut causer des paralysies.

Le **NO₂** est un gaz rouge-brun à l'odeur piquante ; il contribue à la formation d'ozone. S'il est fortement concentré, il peut provoquer une irritation des voies respiratoires chez l'homme. De plus, le NO₂ en combinaison avec l'eau forme de l'acide nitrique, une des causes des « pluies acides ».

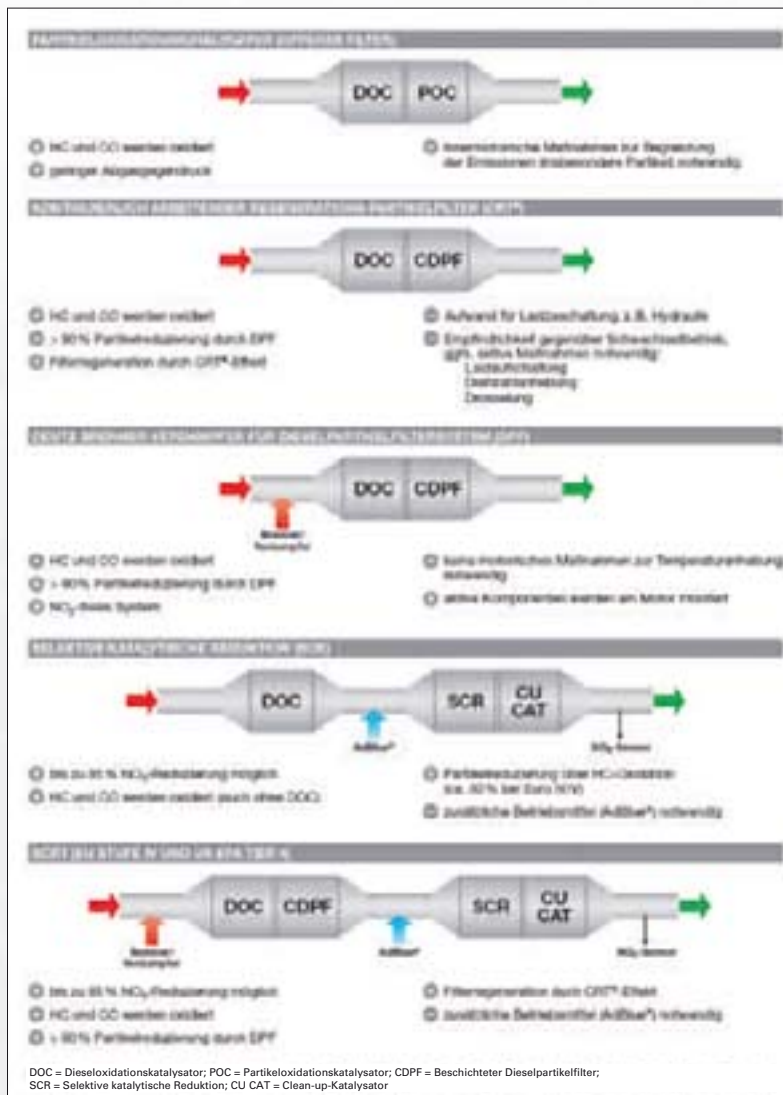
P.M. : la poussière fine est indétectable à l'œil nu car ses particules ont un diamètre de moins de 10 micromètres. Elle peut résulter d'une cause naturelle, mais est aussi produite par l'industrie et les ménages. La circulation routière crée de la poussière fine avec l'usure des pneus, les tourbillons de poussière et les gaz d'échappement, en particulier ceux des véhicules diesel sans filtre. La qualité de la combustion dépend du mélange d'air et de carburant. En principe, un moteur diesel utilise toujours la même quantité d'air et la performance souhaitée est atteinte en fonction de la quantité de carburant injectée. Dans certaines conditions d'exploitation du moteur (surtout lors de l'accélération), le mélange est trop gras dans certaines zones de combustion. La combustion est alors incomplète à cause du manque d'oxygène. Dans ce cas, des petites particules de carbone se forment.

La poussière fine (P.M.) représente un risque grave pour la santé car elle peut facilement s'introduire dans le corps par le nez et la bouche et ne peut plus y être filtrée. Elle peut ainsi se déposer dans les poumons, s'il s'agit de nanoparticules, et même atterrir dans la circulation sanguine par l'intermédiaire des poumons. Si les particules sont souvent inhalées (inspirées), les poussières fines des gaz d'échappement diesel peuvent accentuer l'asthme et les allergies ou provoquer d'autres problèmes graves de la santé, comme le cancer des poumons.



jet de l'Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) a démontré que d'un point de vue technique, l'équipement des filtres à particules diesel est réalisable sur des machines agricoles déjà mises en circulation. Cependant, les filtres doivent être adaptés aux véhicules et à leur utilisation et régulièrement entretenus. De plus, il faut tenir compte de certains principes lors de l'installation de systèmes de filtres. Il est donc important de choisir le bon système de régénération en fonction des conditions d'exploitation. En outre, les fabricants de moteurs n'accordant pas d'autorisation pour les filtres à particules n'offrent pas de prestations de garantie, tout comme les fabricants de filtres à particules. ■

Stefan Marti



Optimierung der Kraftstoffverbrennung

Mit der Stufe I und später auch mit der Stufe II wurde vor allem der Partikel-Masse-Grenzwert (PM) gesenkt, was innermotorisch durch Optimierung der Verbrennung des Kraftstoffes, mit dem Aufbau von Turboladern, einer Ladeluftkühlung, sowie einer präziseren Kraftstoffeinspritzung und Motorensteuerung erreicht wurde, oder mit einem Partikelfilter. Bei der Stufe IIIa wurden dann der Grenzwert vom

Stickoxid NOx gesenkt. Dies wiederum erforderte eine Hochdruck-Kraftstoffeinspritzung, eine elektronische Motorensteuerung und eine Abgasrückführung (AGR). Mit der Stufe IIIb wurde dann an beiden Schrauben gedreht (PM und NOx) und es sind zwei Systeme (DPS oder SCR) von den Motorenherstellern zum Einsatz gekommen. Dabei setzen die einen auf AGR mit einem nachgeschalteten Partikelfiltersystem DPS und die andere auf einen Katalysator mit Harnstoff- (AdBlue) Einspritzung (SCR).

Motoren, welche die neuen Anforderungen noch nicht erfüllen, nachträglich in Verkehr gebracht werden. Die Inanspruchnahme des Flexibilitätssystems setzt eine Bewilligung der zuständigen EU-Genehmigungsbehörde voraus (Einzelheiten siehe Anhang XIII der Richtlinie Nr. 97/68/EG bzw. Anhang der Richtlinie Nr. 2011/88/EU). Diese Bewilligungen sind auch in der Schweiz gültig, es ist aber nicht vorgesehen, dass die Schweiz in eigener Regie zusätzlich analoge Bewilligungen erteilt.

Flexibilität mit Bewilligungspflicht

Für die mobilen Motoren von Maschinen und Geräten, sowie für Traktoren und Motorkarren kann zurzeit noch ein sogenanntes Flexibilitätssystem angewendet werden. Im Rahmen dieses Flexibilitätssystems darf eine beschränkte Anzahl Fahrzeuge mit

Stufe IV: Weitere Optimierung

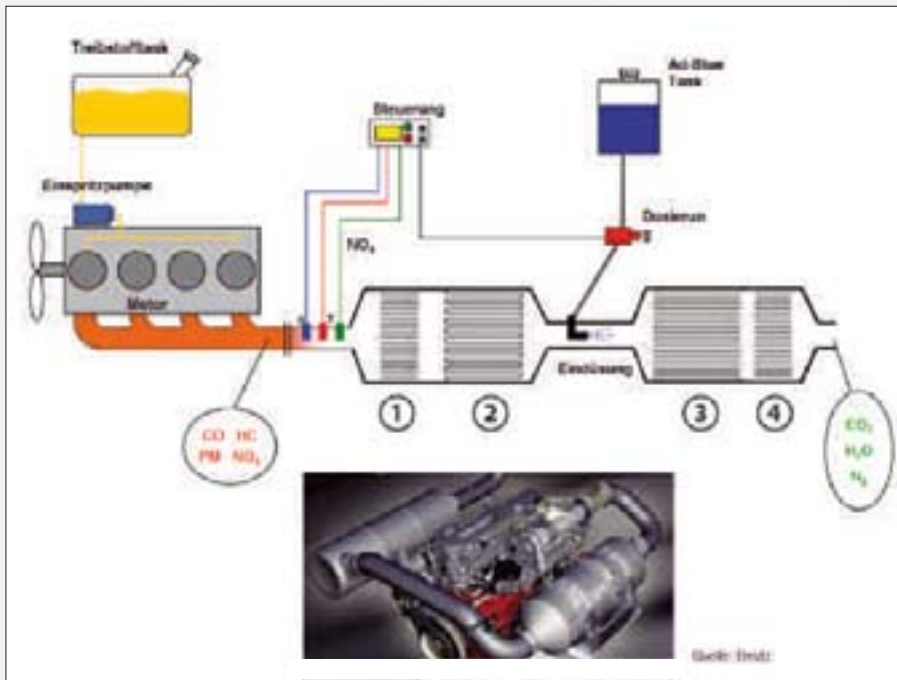
Für die bevorstehende Stufe IV ist nun wiederum eine Reduktion der Stickoxide NOx vorgesehen. Durch eine weitere Optimierung der Verbrennung im Zusammenhang mit der Nachbehandlung, werden mit dem SCR System die Anforderungen



SMF® Filter

SiC Filter

Cordierit Filter



Funktionsprinzip der Abgasnachbehandlung mit Oxidations-Katalysator (1) und DPF-Partikelfilter (2) mit nachgeschaltetem SCR-Katalysator (3) und Ammoniak-Sperrkatalysator (4).



Principe de fonctionnement du post-traitement des gaz d'échappement avec un catalyseur d'oxydation (1) et le filtre à particules DPF (2) avec un convertisseur catalytique SCR en aval (3) et catalyseur d'ammoniacque (4).

erfüllt. Beim System mit AGR und DPF muss ein Katalysator SCR nachgeschaltet werden. Die Emissionsvorschriften der Stufe IIIb und IV von 2011- 2015 in zwei Phasen haben eine aggressive Reduzierung von NOx und PM um 90% zur Folge.

Aus dem Bericht des BAFU ist zu entnehmen, dass die EU nun die Richtlinie 97/68/EG dahingehend überarbeiten will und damit eine zusätzliche Abgasstufe V geschaffen wird, welche sich an der EURO 6 Norm für schwere Nutzfahrzeuge orientiert. Dabei soll der Partikel-Anzahl-Grenzwert, und nicht mehr der Partikel-Masse-Grenzwert für Selbstzündungsmotoren festgelegt werden. Dadurch wird wohl ein VERT-geprüfter Partikelfilter unumgänglich sein. Zudem soll die Flexibilitätsregelung angepasst werden.

Durch die Nachbehandlung von Abgasen entsteht ein variabler Staudruck im Verbrennungsraum, welcher mit variablen und gesteuerten Turboladern (zum Teil mehrere Turbolader in Serie) ausgeglichen werden muss, damit bei jeder Belastungs- und Drehzahl-situation eine optimale Gemischbildung erzeugt

wird. Zudem sind Abgasnachbehandlungssysteme und deren Überwachung und Steuerung wohl nur durch Miteinbezug in die Motorenkonstruktion und Motorensteuerung wirklich effektiv.

Nachrüsten mit Diesel-Partikelfilter

Der Einsatz der Fahrzeuge in der Land- und Forstwirtschaft ist von rauen Arbeitsbedingungen und wechselnden Arbeiten mit geringer und hoher Motorbelastung geprägt. Das erschwert den Einsatz der Filtersysteme und stellt besondere Anforderungen an den Aufbau und die Robustheit der Filter. Mit dem Projekt bei Agroscope-Reckenholz-Tänikon (ART) konnte nachgewiesen werden, dass das Nachrüsten bereits in Verkehr gesetzter Landmaschinen mit einem Diesel-Partikelfilter technisch grundsätzlich möglich ist. Allerdings müssen einerseits die Filter auf die Fahrzeuge beziehungsweise die Art ihres Einsatzes abgestimmt und regelmässig gewartet werden. Andererseits muss beim Aufbau der Filtersysteme gewissen Grundsätzen Rechnung getragen werden. Es muss also das den Betriebsumständen rich-

tige Regenerationssystem gewählt werden. Zudem ist zu beachten, dass Motorenhersteller, die keine Freigabe für Partikelfilter geben, auch keine Garantieleistungen übernehmen und auch die Partikelfilterhersteller übernehmen keine.

Stefan Marti